COMMUNICATIONS.

La vision des animaux appréciée par la comparaison de leur rétine avec la rétine humaine,

par M. le Dr A. Rochon-Duvigneaud.

I. Chacun de nous peut se convaincre que la vision humaine montre un perfectionnement progressif quand on l'interroge en allant de la périphérie du champ visuel, où elle est rudimentaire, vers son centre où elle atteint une grande acuité.

II. Ce progrès fonctionnel centripète a pour raison d'être le perfectionnement histologique progressif qui se manifeste de la périphérie de la rétine vers son centre, où se trouve la fovea, organe de la vision distincte.

III. L'histologie comparée montre que dans les segments successifs de la rétine humaine on retrouve approximativement les divers degrés de complexité que l'on peut observer dans les rétines des différents Vertébrés, toutes construites sur le même type.

IV. De même on doit retrouver dans la vision des animaux les divers degrés de vision qui se manifestent aux différents points de la rétine humaine. A même structure même fonction. La rétine humaine doit servir de clef pour la vision des animaux.

D'une façon générale, on peut l'affirmer, l'observation confirme cette hypothèse. Les animaux qui possèdent une acuité visuelle comparable ou supérieure à celle de l'Homme (Marmotte, Oiseaux) ont toujours aussi une fovéa ou une disposition plus ou moins équivalente; d'autre part, chez les nombreux animaux qui semblent ne pas voir les formes, mais seulement les objets en mouvement, la rétine ne dépasse pas ou même n'atteint pas le degré de complexité des parties périphériques de la rétine humaine.

A côté de la structure rétinienne un autre élément intervient dans les fonctions visuelles et notamment dans l'acuité visuelle : c'est la grandeur de l'image formée sur la rétine.

Cette grandeur doit toujours être prise en considération et cela surtout en fonction du nombre des éléments conducteurs qu'elle intéresse.

Les figures de 1 à 14 montrent : A. le nombre des éléments *récepteurs* (cônes et bâtonnets *c. b.*) et celui des éléments *conducteurs* (cellules ganglionnaires *c. g.* dont chacune émet une fibre du nerf optique) dans des segments rétiniens de mêmes dimensions (100 microns) appartenant à divers types des 5 classes des vertébrés (dont l'Homme) et choisis au niveau du pôle postérieur, ou de la fovéa, quand elle existe.

Les nombres respectifs des récepteurs et des conducteurs pour chaque rétine sont inscrits à la droite du dessin correspondant. On peut exprimer ce rapport par la formule $\frac{\text{R (récepteurs).}}{\text{C (conducteurs).}}$

B. Le trait que l'on remarque au-dessus de chaque figure représente, sous une réduction que mesure l'échelle 24/16 mm. de la fig. 1, la longueur d'axe du globe oculaire auquel appartient le segment rétinien. Un petit trait vertical subdivise cet axe en deux parties : celle de gauche représente la distance de la cornée au pôle postérieur du cristallin, celle de droite la distance de ce dernier point à la rétine (voir fig. 1 la valeur en millimètres de ces deux distances pour l'œil humain). — Plus cette dernière distance est courte plus l'image est petite. On aura donc, en comparant cette distance dans les divers cas représentés, une idée de la petitesse des images chez l'Orvet (fig. 13) et l'Oreillard (fig. 14), par exemple, par rapport aux images de la Buse (fig. 5) ou de l'Homme (fig. 1, 3, 4).

Passons maintenant à l'étude de la rétine humaine, dont nous examinerons trois segments ; un segment très périphérique pris à 80° du centre, un segment équatorial pris à 45° et enfin le centre même de la rétine, la fovéa.

1° *Segment périphérique (à 80° du centre)*, fig. 1.

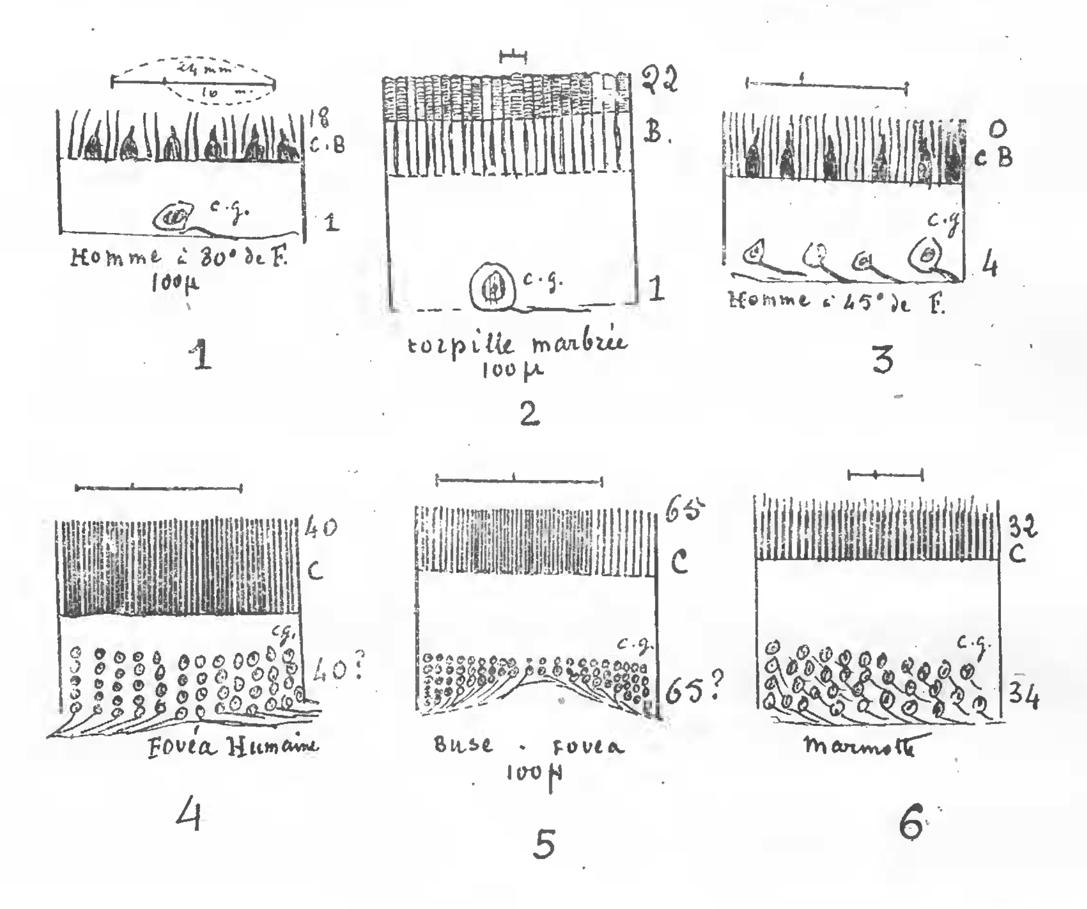
La formule $\frac{R}{C}$ nous donne ici $\frac{18\,cb}{1}$. L'*acuité visuelle,* ou analyse des formes est tellement faible qu'on ne peut la mesurer; la *vision des mouvements* est très bonne, aussi développée qu'au centre, la *vision des couleurs* extrêmement réduite; la sensibilité lumineuse, au contraire, développée au maximum, supérieure à la sensibilité lumineuse des régions centrales.

Si nous cherchons parmi les segments rétiniens représentés ici un équivalent anatomique à ce segment périphérique de la rétine humaine, nous trouvons seulement la rétine de la *Torpille marbrée* (fig. 2).

Le rapport $\frac{R}{C}$ est ici de $\frac{22\,b}{1}$. Que peuvent être les fonctions? L'*acuité visuelle* (distinction des formes) est ici encore beaucoup plus faible qu'à la périphérie de la rétine humaine, à cause de la petitesse des images. On ne peut donc parler sans doute d'une vision quelconque des formes. La vision des mouvements peut exister, mais sans doute réduite pour les mêmes raisons. Le sens chromatique est vraisemblablement nul puisqu'il n'y a

pas de cônes. Quant à la sensibilité lumineuse rien ne s'oppose à ce qu'elle soit très développée (bâtonnets exclusifs et pourpre); une simple perception des mouvements même à faible éclairage, telle est la vision que l'anatomie semble permettre d'accorder à l'œil de la Torpille.

Toutes les autres rétines représentées ici sont supérieures comme structure, au segment périphérique de la rétine humaine. Mais, par la petitesse



des yeux auxquels elles appartiennent, toutes reçoivent des images beaucoup plus réduites.

Rétine humaine (fig. 3). — Segment pris à 45° de la Fovea. La formule $\frac{R}{C}$ est $\frac{30\ c.b}{4}$. L'acuité visuelle est encore très faible, environ $\frac{1}{150}$ de l'acuité centrale. La *vision des mouvements* n'est pas supérieure à celle de la périphérie de la rétine, non plus que la *sensibilité lumineuse*. Mais la vision des couleurs est beaucoup plus développée, elle l'est assez pour que, sous des intensités ordinaires, toutes les couleurs soient perçues à ce niveau de la rétine.

Dans notre petite série de segments rétiniens ici représentés nous n'en trouvons pas qui présentent l'équivalence anatomique avec ce segment de la rétine humaine. Mais beaucoup de points de la rétine du Bœuf, du

Cheval, du Chien et autres Mammifères se retrouvent ici approximativement comme structure et fonctions.

Fovéa humaine (fig. 4). — La formule $\frac{R}{C}$ devient ici $\frac{40\,c}{40}$, chaque cône a son conducteur spécial, c'est l'individualisation de l'excitation tombant sur chaque cône par le mécanisme de la *conduction individuelle.* Cette disposition réalise l'*acuité centrale* de la vision humaine, capable de distinguer deux points l'un de l'autre quand ils sont séparés par un angle de 1′ au moins.

La *vision des mouvements* n'est pas supérieure à celle du reste de la rétine tout en pouvant s'appliquer à des objets plus petits. La *sensibilité lumineuse* est légèrement diminuée par l'absence de bâtonnets et de pourpre. La *sensibilité chromatique* est légèrement amoindrie pour le bleu par la présence du pigment jaune de la fovea. Elle est maxima pour les autres couleurs.

Équivalence anatomique : La fovéa des Oiseaux. La fovéa de la Buse (fig. 5) a des éléments plus petits : la formule est $\frac{65}{65}$, en admettant comme démontrée l'équivalence du nombre des conducteurs et des récepteurs, qui est simplement probable. L'*acuité visuelle* est certainement supérieure à celle de l'Homme, surtout pour les Rapaces à gros yeux (Circaète 30 millimètres de longueur d'axe, l'Homme n'ayant que 24 millimètres) et à grandes images.

Équivalences relatives : le fond de l'œil de la *Marmotte,* au pôle postérieur (fig. 6). La formule est $\frac{32\,b}{34}$, formule de conduction individuelle, que nous avons pu vérifier sur des préparations très faciles à lire. Cependant les éléments rétiniens de la Marmotte étant un peu plus gros que ceux de l'Homme et ses images rétiniennes plus petites, son acuité est certainement moins bonne, malgré les dires des chasseurs. En revanche sa région rétinienne de grande acuité est beaucoup plus étendue que la fovéa humaine, ce qui doit constituer un avantage visuel.

A l'aide des données et des principes qui précèdent nous allons maintenant rechercher ce que peuvent être les fonctions visuelles des rétines auxquelles nous n'avons pas trouvé d'équivalent anatomique dans les trois segments de la rétine humaine.

Saumon de fontaine (fig. 7). — La formule $\frac{20\,c\,b}{12}$ implique la grande sensibilité lumineuse des gros bâtonnets riches en pourpre, une sensibilité chromatique développée (cônes nombreux); rien n'exclut une vision développée des mouvements. Enfin une faculté de distinction des formes existe

certainement, sans qu'il puisse y avoir là rien de comparable même de loin, à l'acuité humaine. L'œil étudié ici était fort petit, appartenant à un exemplaire de 55 millimètres. Il faudrait étudier l'œil d'un gros exemplaire pour avoir une idée de ce que peut devenir chez le Saumon la grandeur des images rétiniennes, ici nécessairement fort réduites.

Pleurodèle de Waltl (fig. 8). — Exemplaire de grande taille, cependant œil très petit, images très petites, donc acuité visuelle extrêmement réduite malgré une formule de $\frac{20\,c\,b}{8}$. Le sens lumineux peut être très développé, une sensibilité chromatique différentielle doit exister.

Salamandre tachetée (fig. 9). — L'œil est moins réduit que chez le Pleurodèle; c'est cependant encore un petit œil à petites images et sans acuité visuelle développée, malgré une formule de $\frac{14\,c\,b}{12}$, autorisant à admettre un sens chromatique, et toujours la sensibilité lumineuse développée des rétines à gros bâtonnets riches en pourpre.

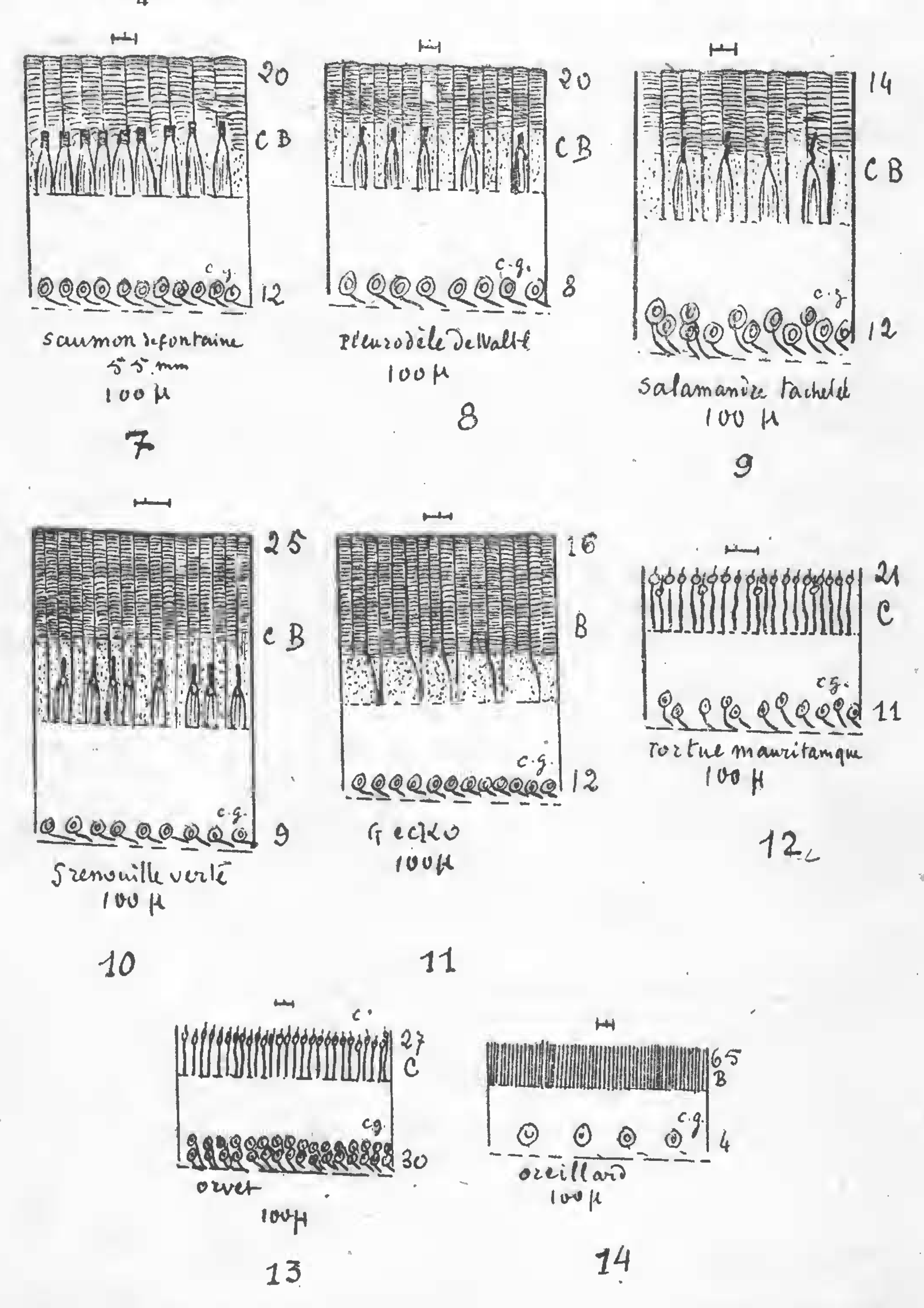
Grenouille verte (fig. 10). — L'œil est plus développé que celui de la Salamandre, mais c'est encore un œil à petites images pour le nombre d'éléments récepteurs intéressés. La formule est $\frac{25\,c\,b}{9}$; elle ne comporte donc pas davantage une acuité développée. Mêmes remarques pour la sensibilité lumineuse et chromatique.

Gecko (fig. 11). — Œil très court, à images nécessairement très petites. La formule est $\frac{16\,b}{12}$, assez favorable à une certaine distinction des formes, n'était la petitesse de l'œil. La présence exclusive de bâtonnets caractérise une vision crépusculaire et semble exclure la sensibilité chromatique différentielle.

Tortue mauritanique (fig. 12). — Les images sont relativement plus grandes que dans l'œil précédent. La formule $\frac{21}{11}$ paraît annoncer une certaine analyse des formes. La présence exclusive de cônes caractérise une vision uniquement diurne et pourvue de la faculté de distinguer les couleurs.

Orvet (fig. 13). — La formule est $\frac{27\,c}{30}$ et permettrait une analyse exacte des formes, n'était la petitesse excessive de l'œil. Une bonne acuité visuelle à courte distance paraît possible. Uniquement pourvu de cônes cet œil se caractérise comme diurne et doué de la vision des couleurs.

Chauve-Souris oreillard (fig. 14). — L'extrême petitesse de l'œil et la formule $\frac{65\ b}{4}$ ne permettent pas d'attribuer à cet œil une analyse quel-



conque des formes. Exclusivement pourvu de bâtonnets à longs segments externes, il est constitué pour la perception de faibles intensités lumineuses mais non pour la distinction des couleurs. Des objets en mouvement dans une demi-obscurité, c'est là tout ce qu'il peut sans doute percevoir.

En résumé, en se fondant sur les rapports des fonctions de la rétine humaine et de sa structure, on dégage de l'examen comparatif des rétines des Vertébrés les données physiologiques générales que voici :

La *sensibilité lumineuse* étant une fonction constante sur toute l'étendue de la rétine doit avoir pour siège un dispositif de même étendue. Seule la couche des éléments récepteurs, bâtonnets et cônes, généralement associés, répond à ce desideratum.

Nous savons, d'autre part, que les animaux à vision crépusculaire ont des bâtonnets en nombre prépondérant, que ces bâtonnets ont un segment externe très long et chargé de pourpre. Au contraire les animaux purement diurnes (Serpents, Lézards, Tortues) n'ont que des cônes pourvus d'un court segment externe. Il devient donc vraisemblable que le segment externe des éléments récepteurs est l'organe essentiel de la sensibilité lumineuse : court et dépourvu de pourpre (cônes) il suffit à la perception des fortes lumières, long et chargé de pourpre il est seul capable de fonctionner à bas éclairage.

Les dispositions nerveuses compliquées de la rétine n'ont rien à voir avec la simple sensibilité lumineusee, qui est une fonction de surface, et les rétines les plus simples, de même que la périphérie de la rétine humaine, peuvent avoir une sensibilité lumineuse aussi grande que les rétines les plus complexes.

La *perception des mouvements* étant aussi développée à la périphérie qu'au centre de notre rétine, une structure rudimentaire suffit à l'assurer; les rétines les plus simples ont donc la vision des mouvements.

La *vision des couleurs* se perfectionne de la périphérie au centre de la rétine humaine et cela plus rapidement que n'augmente le nombre proportionnel des cônes, habituellement considérés comme agents de la perception colorée. La complexité centripète croissante de la rétine doit donc également jouer un rôle dans la vision des couleurs. Il est donc vraisemblable que les rétines dépourvues de cônes, et peut-être aussi les rétines très simples ne voient pas les couleurs.

Acuité visuelle. — Si les petits yeux avaient le même nombre d'éléments récepteurs et conducteurs que les gros yeux sur une surface rétinienne donnée (ce qui exigerait une réduction proportionnelle du diamètre de ces éléments), la petitesse de l'œil, malgré la réduction qu'elle impose aux images rétiniennes, ne serait pas un facteur de diminution de l'acuité visuelle.

Mais en général, et surtout dans les classes inférieures des Vertébrés, cette permanence du nombre sur l'unité de surface sensible n'est pas réalisée : les éléments récepteurs ne sont pas plus petits dans les petits yeux. Aussi les Poissons et Amphibies à petits yeux et gros éléments récepteurs ont-ils certainement une très faible acuité visuelle.

Mais chez les êtres à grande puissance visuelle, notamment les Oiseaux, une compensation s'établit : les éléments récepteurs et conducteurs de l'œil d'une *Hirondelle* sont plus petits que ceux d'une *Buse*, ce qui peut racheter partiellement ou complètement la diminution de volume du globe.

Peut-être y a-t-il des Oiseaux à gros yeux et à petits éléments : ce seraient là les rois de l'acuité visuelle. Le Grand-Duc, le Circaète me semblent présenter ce double caractère. Mais des vérifications précises sont encore ici nécessaires.